

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 61 952.6

**Anmeldetag:** 23. Dezember 2003

**Anmelder/Inhaber:** Salzgitter Flachstahl GmbH, 38239 Salzgitter/DE;  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH,  
40237 Düsseldorf/DE

**Erstanmelder:** Salzgitter Flachstahl GmbH,  
38239 Salzgitter/DE

**Bezeichnung:** Umformbarer Leichtbaustahl

**IPC:** C 22 C 38/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 01. Februar 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

## Umformbarer Leichtbaustahl

5

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen umformbaren, insbesondere gut kalt tiefziehfähigen, Leichtbaustahl gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

10

Der heiß umkämpfte Automobilmarkt zwingt die Hersteller ständig nach Lösungen zur Senkung des Flottenverbrauches unter Beibehaltung eines höchstmöglichen Komforts zu suchen. Dabei spielt die Gewichtsersparnis eine entscheidende Rolle. Diesem Wunsch versuchen die Lieferanten insbesondere für den Karosseriebereich dadurch Rechnung zu tragen, dass durch den Einsatz höherfester Stähle die Wanddicken reduziert werden können ohne Einbußen der Beulsteifigkeit sowie der Umformung durch Tief- und/oder Streckziehen und der Beschichtung in Kauf nehmen zu müssen.

20

Ein Lösungsansatz dazu ist in der EP 0 889 144 A1 veröffentlicht. In dieser Schrift wird ein kaltumformbarer, insbesondere gut tiefziehfähiger, austenitischer Leichtbaustahl vorgeschlagen, der eine Zugfestigkeit bis 1100 MPa aufweist. Die Hauptelemente dieses Stahles sind Si, Al und Mn im Bereich 1 - 6 % Si, 1 bis 8 % Al und 10 bis 30 % Mn, Rest Eisen einschließlich üblicher Stahlbegleitelemente.

25

Der hohe Umformgrad wird durch TRIP- (Transformation Induced Plasticity) und TWIP- (Twinning Induced Plasticity) Eigenschaften des Stahles erreicht.

Nachteilig bei dem bekannten Stahl ist, dass die geforderten Eigenschaften nur mit hohen, die Zwillingsbildung begünstigenden, Mn-Gehalten im Bereich 24 bis 26 % erreichbar sind.

30

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einem anderen Legierungskonzept die gewünschten hohen Festigkeiten und ausgezeichnete Tief- bzw. Abstreckzieheigenschaften sowie im allgemeinen hohe Umformgrade zu erreichen.

35

Diese Aufgabe wird ausgehend vom Oberbegriff in Verbindung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 gelöst.

Nach der Lehre der Erfindung weist der Stahl Gehalte in Masse % für

C 0,04 bis ≤ 1,0

Al 0,05 bis < 4,0

Si 0,05 bis ≤ 6,0

Mn 9,0 bis < 18,0

auf, Rest Eisen einschließlich üblicher Stahlbegleitelemente. Optional können je nach Anforderung Cr, Cu, Ti, Zr, V und Nb zugegeben werden.

Der erfindungsgemäße Stahl ist gefügemäßig als teilstabilisierter  $\gamma$ -Mischkristall mit definierter Stapelfehlerenergie ausgeprägt, der einen z. T. multiplen TRIP-Effekt zeigt. Der letztgenannte Effekt ist die spannungs- oder dehnungsinduzierte Umwandlung eines flächenzentrierten  $\gamma$ -Mischkristalls in ein martensitisches  $\varepsilon$ -Gefüge mit hexagonaler dichtester Kugelpackung, der dann bei weiterer Verformung in einen raumzentrierten  $\alpha$ -Martensit und Restaustenit transformiert.




fcc = face centred cubic

bcc = body centred cubic

hcp = hexagonal closed packed

Zahlreiche Versuche haben zur Erkenntnis geführt, dass im komplexen Zusammenspiel zwischen Al, Si und Mn dem Kohlenstoffgehalt eine überragende Bedeutung zukommt. Es erhöht zum Einen die Stapelfehlerenergie und erweitert zum Anderen den metastabilen Austenitbereich. Dadurch wird die verformungsinduzierte Martensitbildung und die damit verbundene Verfestigung gehemmt und auch die Duktilität gesteigert.



Weitere Verbesserungen lassen sich erreichen durch gezielte Zugaben von Kupfer und/oder Chrom. Mit der Zugabe von Kupfer wird der  $\varepsilon$ -Martensit stabilisiert und die Verzinkbarkeit verbessert. Zudem erhöht Kupfer die Korrosionsbeständigkeit des Stahles. Auch Chrom stabilisiert den  $\varepsilon$ -Martensit und verbessert die Korrosionsbeständigkeit.

Der Vorteil des vorgeschlagenen Leichtbaustahles ist darin zu sehen, dass durch gezielte Legierungszusammensetzung und Wahl der Prozessparameter wie Umformgrad und Wärmebehandlung ein breites Spektrum von Festigkeits- und Duktilitätsanforderungen abgedeckt werden kann, wobei Festigkeitswerte bis 1400 MPa möglich sind. Dabei spielt die Kohlenstoffzugabe eine Schlüsselrolle.

Bislang wurde in der Fachwelt die Meinung vertreten, den Kohlenstoffgehalt möglichst auf Null zu setzen, um die Bildung von  $\kappa$ -Karbiden zu vermeiden. Die Erfindung überwindet die-

ses Vorurteil durch den Vorschlag eines ausgewogenen Verhältnisses der Zugabe von Aluminium und Mangan, das auch eine gezielte Zugabe von Kohlenstoff gestattet.

Für das Phänomen "delayed fracture" spielt der Wasserstoffgehalt im Stahl eine wichtige Rolle. Das Phänomen äußert sich darin, dass z. B. an tiefgezogenen Näpfen nach einiger Zeit im Kantenbereich Risse auftreten. Der Rissbildungsvorgang kann sich über mehrere Tage hinziehen.

Aus diesem Grunde wird vorgeschlagen, den Wasserstoffgehalt auf  $< 20$  ppm vorzugsweise auf  $< 10$  ppm zu begrenzen. Dieses lässt sich durch eine sorgfältige Behandlung während der Erschmelzung erreichen, z. B. durch eine spezielle Spül- und Vakuumbehandlung.

Anhand eines Ausführungsbeispiels werden die erreichbaren Werte demonstriert. Ausgehend von einem Stahl mit der Analyse

C = 0,06 %

Mn = 15,5 %

Al = 2,0 %

Si = 2,6 %

wurde ein Warmband erzeugt mit einer Dicke von 2,5 mm. Die in Walzrichtung liegende Zugprobe ergab eine Festigkeit von 1046 MPa und eine Dehnung (A80) von 35 %. In Abhängigkeit vom Umformgrad und Wärmebehandlung kann die Festigkeit bis über 1100 MPa und die Dehnung (A80) über 40 % gesteigert werden.

## Patentansprüche

- 5 1. Umformbarer, insbesondere gut kalt tiefziehfähiger Leichtbaustahl, bestehend aus den Hauptelementen Si, Al und Mn, der eine hohe Zugfestigkeit und TRIP- und/oder TWIP-Eigenschaften aufweist  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Gehalte in Masse-% für  
10 C 0,04 bis  $\leq$  1,0  
Al 0,05 bis  $<$  4,0  
Si 0,05 bis  $\leq$  6,0  
Mn 9,0 bis  $<$  18,0  
betragen, Rest Eisen einschließlich üblicher stahlbegleitender Elemente.
2. Leichtbaustahl nach Anspruch 1  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Kohlenstoffgehalt 0,06 bis  $\leq$  0,4 % beträgt.
- 20 3. Leichtbaustahl nach Anspruch 1 und 2  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Mn-Gehalt 14 - 16 % beträgt.
- 25 4. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 1 - 3  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Si-Gehalt 2,0 - 4,0 % beträgt.
- 30 5. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 1 - 4  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Al-Gehalt 2,0 - 3,0 % beträgt.
6. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 1 - 5  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Wasserstoffgehalt  $<$  20 ppm beträgt.

7. Leichtbaustahl nach Anspruch 6  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Wasserstoffgehalt  $< 10$  ppm beträgt.

5 8. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 1 - 7  
dadurch gekennzeichnet,  
dass optional Cr bis  $\leq 6,5$  % enthalten ist.

10 9. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 1 - 8  
dadurch gekennzeichnet,  
dass optional Cu bis  $\leq 4$  % enthalten ist.

15 10. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 1 - 9  
dadurch gekennzeichnet,  
dass optional Titan und Zirkon in Summe bis  $\leq 0,7$  % enthalten sind.

20 11. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 1 - 10  
dadurch gekennzeichnet,  
dass optional Niob und Vanadin in Summe bis  $\leq 0,06$  % enthalten sind.

12. Leichtbaustahl nach den Ansprüchen 10 und 11  
dadurch gekennzeichnet,  
dass optional Titan, Zirkon, Niob und Vanadin in Summe bis  $\leq 0,8$  % enthalten sind.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen umformbaren, insbesondere gut kalt tiefziehfähigen Leicht-  
baustahl, bestehend aus den Hauptelementen Si, Al und Mn, der eine hohe Zugfestigkeit  
5 und TRIP- und/oder TWIP-Eigenschaften aufweist. Bei diesem Stahl betragen  
die Gehalte in Masse-% für

C 0,04 bis  $\leq$  1,0

Al 0,05 bis  $<$  4,0

Si 0,05 bis  $\leq$  6,0

10 Mn 9,0 bis  $<$  18,0

Rest Eisen einschließlich üblicher stahlbegleitender Elemente.

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE04/002817

International filing date: 22 December 2004 (22.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 103 61 952.6  
Filing date: 23 December 2003 (23.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 23 February 2005 (23.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse